



Handbuch der Vermessungskunde

Jordan, Wilhelm

Stuttgart, 1896

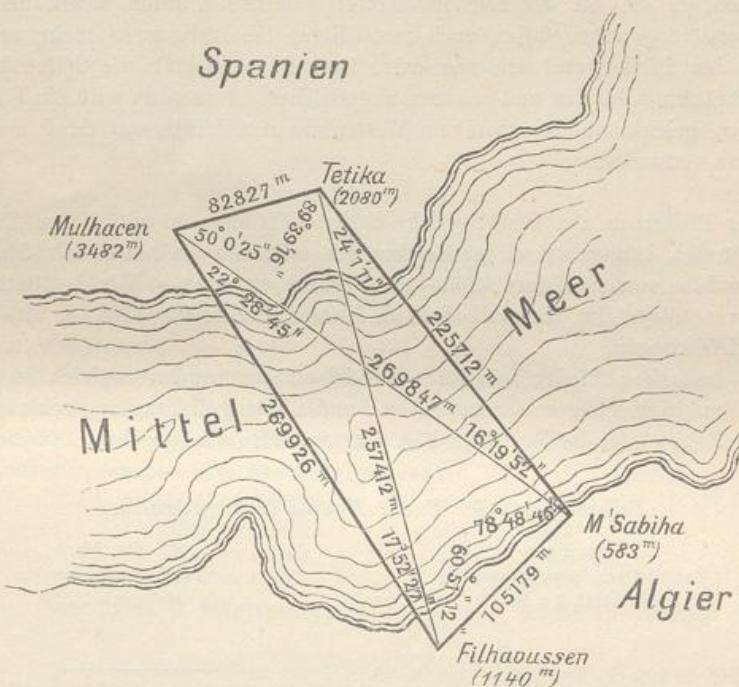
§. 3. Pfeilerbau und Signalbau

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83087](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-83087)

(Weiteres hierüber geben die Verhandl. d. 6. Konf. d. Eur. Gr., General-Bericht für 1880, S. 44—57; vgl. auch zwei Berichte in der „Zeitschr. f. Verm.“, Pattenhausen 1881, S. 247—257 und Fenner 1882, S. 303—308.)

Fig. 4.

Triangulierung über das mittelländische Meer zwischen Spanien und Algier, 1879.
Massstab 1 : 4 500 000.



§ 3. Pfeilerbau und Signalbau.

Nachdem die Triangulierungspunkte ausgewählt sind, hat man Einrichtungen zu treffen, erstens zum festen Aufstellen des Theodolits auf jedem Punkte und zweitens zum gegenseitigen Sichtbarmachen der Punkte für die Winkelmessung.

Diese Einrichtungen sind verschieden, je nachdem man es mit einem Punkte auf dem natürlichen Erdboden, z. B. auf dem Gipfel eines Berges, oder mit einem Punkte auf einem Turme oder ähnlichem Bauwerke zu thun hat.

Zur Sichtbarmachung dient heutzutage fast ausschliesslich das Heliotrop, von welchem später in § 4. die Rede sein wird. Die Einrichtung der Heliotropstände erfolgt gemeinsam mit dem Bau der Theodolitstände.

Zu ebener Erde nahm man früher als Theodolitstände allgemein hölzerne Stativen; indessen in neuerer Zeit erbaut man für Messungen erster Ordnung steinerne *Pfeiler*.

Nach Mitteilung von Vermessungs-Dirigent *Erfurth* (vgl. das Citat technischer Betrieb u. s. w. S. 16) hat die trigonometrische Abteilung der Landesaufnahme hiefür folgende Einrichtungen:

„Ein Beobachtungspfeiler der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme

besteht entweder aus einem einzigen behauenen Stein, lang genug, um ihm den nötigen Halt im Erdboden zu geben, oder, da solche Monolithe schwer zu haben und teuer sind, aus mehreren behauenen Bruchsteinen von ganzem Querschnitt, welche mit Zement gemauert und lagenweise durch Dübel oder durch eine oder zwei durchgehende Eisenstangen fest verbunden werden. Aus Ziegelsteinen aufgemauerte Pfeiler sind möglichst zu vermeiden, da sie bei wechselndem Wetter, namentlich durch Regen und Frost, baldiger Zerstörung anheimfallen, auch mutwilligen Beschädigungen mehr ausgesetzt sind. Um den Pfeiler wird eine vierseitige Pyramide errichtet; die Spitze derselben wird mit Brettern bekleidet und schwarz angestrichen. Ausserdem wird ein Fussboden von Brettern gelegt, um bei windigem Wetter das Aufwirbeln von Sand und Staub möglichst zu verhindern.“

Über Pfeilerbau und Punktversicherungen, teils auf dem natürlichen Erdboden, teils auf Türmen, können wir einige Erfahrungen mitteilen von den 10 „Gradmessungspfeilern“, welche vom Verfasser 1869—1873 erbaut wurden. — Wir benützten dabei auch die von *Nagel* im Generalbericht d. Europ. Gradm. für 1864, S. 39—40 mitgeteilten Erfahrungen.

Die badischen Pfeiler mit ihren Versicherungen wurden zugleich an die vorzüglichen Punktfestlegungen der badischen Landes-Triangulierung angeschlossen.

Ein Beispiel für beides ist in Fig. 1 a. und Fig. 1 b. gegeben.

Trigonometrischer Punkt Kandel (Schwarzwald).

Fig. 1 a.

P = Pfeiler. *B* = Pyramide.
Massstab 1 : 500.

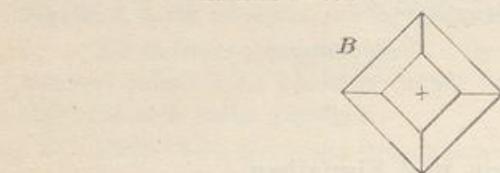
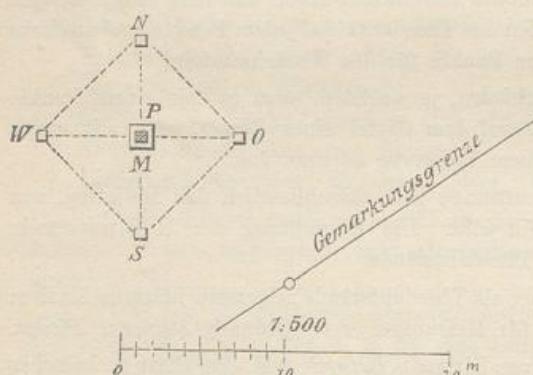
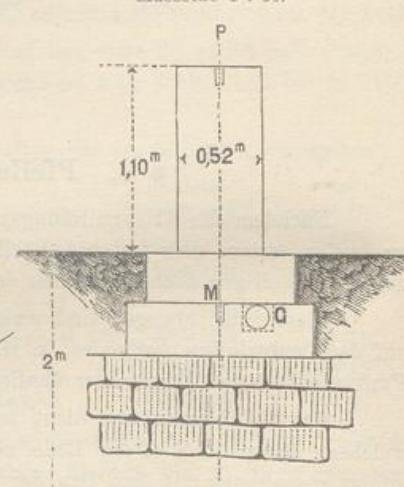


Fig. 1 b.

Beobachtungspfeiler.
Massstab 1 : 50.



Die Bezeichnung eines Punktes der (alten) badischen Landes-Triangulierung wurde etwa im Jahr 1820 durch eine von Felsstücken aufgebaute vierseitige abgekürzte Pyramide *B* bewerkstelligt. Der trigonometrische Punkt ist auf der Mitte der Pyramide

durch ein eingehauenes + bezeichnet. Ferner wurden noch vier solche Zeichen auf der Pyramide angebracht, und ausserdem der Dreieckspunkt gegen 8 benachbarte Gemarkungs-Grenzsteine durch unmittelbare Messung von 11 Entfernungen und 14 Winkeln festgelegt (letzteres ist in unserer Fig. 1 a. *nicht* angedeutet).

Im Jahr 1870 fand ich die Lage der 50 Jahre alten Versicherungspunkte noch auf wenige Centimeter übereinstimmend mit den früheren Messungen; jedoch wurde die Pyramide nun verlassen und ein *neuer* Punkt P auf einem Pfeiler mit einem 2^m tiefen Fundament hergerichtet, wie die Einzelzeichnung Fig. 1 b. zeigt, und ferner wurden 4 Versicherungsquader SWN auf Fundamentquadern versenkt.

In dem Fundamentquader des Pfeilers bei M und in jedem der 4 anderen Quader ist ein Messingcylinder in Blei eingegossen, und ein sechster Cylinder P lotrecht über M ist oben auf dem Pfeiler eingegossen, um die Theodolitmitte zur Winkelmessung zu bezeichnen.

Unten ist auch ein Glascylinder G eingesenkt, ein Schriftstück enthaltend, das der Nachwelt die Bedeutung der ganzen Anlage übermitteln soll.

Die 4 Versicherungspunkte wurden nicht willkürlich, sondern nach *Nord*, *Ost*, *Süd*, *West* eingewiesen, was leicht auf etwa 1' genau gemacht werden konnte mit Hilfe der alten badischen Landes-Triangulierung (trigonometrische Richtungswinkel mit Rücksicht auf Meridian-Konvergenz).

Nachdem somit die 5 unteren Punkte auf ihren Fundamentquadern in den Bau-gruben festlagen, wurden ihre Abstände gemessen:

$$\begin{array}{ll} MN = 6,059^m & NO = 8,579^m \\ MO = 6,075 & OS = 8,427 \\ MS = 5,840 & SW = 8,465 \\ MW = 6,125 & WN = 8,620 \end{array}$$

Man hat dabei 4 Hypotenusenproben, welche innerhalb weniger Millimeter stimmen sollen.

Um nun nach dem Aufbau des Pfeilers selbst den Punkt P genau lotrecht über M zu bringen, verfuhren wir so: Während der Theodolit centrisch über M stand und die 4 Azimute 0°, 90°, 180°, 270° eingewiesen wurden, musste mindestens ein ferner Punkt H mit angezielt werden, der durch sein berechnetes Azimut jene 4 Einweis-Azimute lieferte. Nach dem Aufbau des Pfeilers wurde der Theodolit *vorläufig* aufgestellt, mit Hilfe des fernen Punktes H orientiert und die 4 nahen Punkte wieder angezielt. Wegen der Excentricität der vorläufigen Theodolitstellung wurden nun nicht wieder genau 0°, 90°, 180°, 270° erhalten, sondern kleine Abweichungen, welche aber mit Zuziehung der 4 Entfernungen vollends zur genauen Centrierung führten.

Vor und nach der Pfeileraufstellung wurden alle Punkte nivelliert.

Das Endergebnis drückt sich in folgenden Coordinaten und Höhen aus, im badischen System + x nach Süden, + y nach Westen, h ungefähr um 2^m zu gross im Vergleich mit Höhen über *N.N.*

Punkt	y	x	h
Pyramide, Kreuz +	+ 33 403,830 ^m	+ 158 255,280 ^m	1247,010 ^m
Pfeiler oben P	+ 33 421,215	+ 158 271,909	1244,360
" unten M	"	"	1242,986
Versicherung N	+ 33 421,180	+ 158 265,850	1243,216
" O	+ 33 415 140	+ 158 271,944	1242,993
" S	+ 33 421,249	+ 158 277,749	1242,711
" W	+ 33 427,340	+ 158 271,873	1242,861

Wir haben diese Zahlen beispielshalber hier hergesetzt, weil solche oder entsprechend genaue Angaben, mit Zeichnungen, den amtlichen Triangulierungs-Veröffentlichungen beigegeben werden sollen.

Über *Signalbau* im besonderen haben wir die wertvollsten Mitteilungen in der Abhandlung von *Erfurth*, welche wir schon auf S. 16 citiert haben bei dem Abdruck des ersten Teiles.

Folgendes ist ein Auszug aus dem zweiten Teil von *Erfurth*:

Der Signalbau muss den Winkelmessungen mindestens ein Jahr voraus sein. Es wird schon im Laufe des Winters, sobald die Projekte festgestellt sind, Auftrag erteilt, welche Signale im folgenden Sommer gebaut werden sollen, damit das nötige Holz noch im Winter geschlagen werden kann. Denn die Bäume müssen vor dem Einschiessen des Saftes gefällt werden.

Der Signalbau umfasst die Herstellung aller Einrichtungen, welche erforderlich sind, um auf den endgültig bestimmten Punkten Beobachtungen machen, sowie auch dieselben von anderen Punkten aus als Zielpunkte benutzen zu können. Für gewöhnlich dient der Stand des Theodolits, der Beobachtungsstand, zugleich auch als Stand für den einzustellenden Heliotropen, als Leuchtstand. Es kommt jedoch nicht selten vor, dass für schwierige Richtungen noch besondere Leuchtstände in grösserer Höhe eingerichtet werden müssen. Bei Winkelmessungen erster Ordnung wird zwar in der Regel nur auf Heliotrope eingestellt, nichtsdestoweniger erhält aber jedes auf dem Erdboden erbaute Signal eine schwarze Spitze, welche hauptsächlich für die Messungen der niederen Ordnungen als Einstellungs-Zielpunkt dient.

Signale mit erhöhten Beobachtungs- und Leuchtständen werden bei der trigonometrischen Abteilung aus Holz bis zu ungefähr 25^m Beobachtungshöhe und 30^m Leuchthöhe noch mit solcher Festigkeit gebaut, dass auch bei ziemlichem Winde die Beobachtungen mit vollster Genauigkeit und Zuverlässigkeit gemacht werden können. Es ist dies dadurch möglich, dass die Beamten, welche die Signalbauten ausführen, seit Jahren in diesen Arbeiten thätig sind und reiche Erfahrungen unter den verschiedensten Verhältnissen gesammelt haben.

Bei jedem solchen Signal sind *zwei* vollständig von einander *unabhängige und für sich isolierte* Bauten zu unterscheiden: der Beobachtungspfeiler als Stand für das Instrument, und das den Pfeiler umgebende Gerüst für die Beobachter. Die Pfeiler sind entweder Standpfeiler oder Hängepfeiler.

Standpfeiler werden bei grösseren Beobachtungshöhen errichtet, ein Beispiel giebt die nachfolgende Fig. 4 S. 29.

Hängepfeiler werden seitwärts durch Streben getragen und reichen in der Mitte nicht bis zum Erdboden herab, sondern lassen in der Mitte so viel freien Raum, dass der Beobachtungspunkt von oben herunter gelotet und *centrisch* festgelegt werden kann (was bei *Standpfeilern* nicht möglich ist). Aus diesem Grunde werden in neuerer Zeit bei der trigonometrischen Abteilung fast nur noch Hängepfeiler gebaut, z. B. Steuerndieb in Band II, 4. Aufl. 1895, S. 256.

Ein gutes Beispiel eines Hängepfeilers werden wir später auch in § 12. als Endpfeiler der Göttinger Basismessung kennen lernen.

Zur Verbindung von Pfeiler und Streben dienen durchgehende eiserne Schraubenbolzen. Zur Befestigung der unteren Stammenden in der Erde werden hölzerne Anker

angebracht; bei leichtem Boden werden außerdem Steinbrocken in die Löcher geschüttet, schichtweise mit Wasser eingeschlemmt und festgerammt.

Das ganze System von Pfeiler und Streben muss nun noch gegen Winddruck, Durchbiegen und Verziehen besonders gesteift werden. Dies geschieht

- 1) durch Verbindungen zwischen zwei nebeneinander liegenden Streben, sogen. Kränze und Schwerter, Fig. 2.,
- 2) durch Verbindungen zwischen Pfeiler und Streben, Kreuze und Quirle, Fig. 3.

Ein Kranz besteht aus vier Hölzern, welche in gleicher Höhe über dem Erdboden von Strebe zu Strebe geführt werden.

Schwerter sind diagonale Verbindungen in den durch die Kränze entstandenen Paralleltrapezen. Bei sehr hohen Signalen können für die unterste Verschwertung noch besondere Hilfsstützen und Unterzüge nötig werden, welche immer in den Erdboden zu führen sind.

Kreuze sind Hölzer, welche je zwei gegenüberliegende Streben unter sich und mit dem Pfeiler verbinden. Quirle werden zwischen Pfeiler und je einer Strebe gesetzt; sie müssen die letztere möglichst rechtwinklig treffen.

Fig. 2.
Kränze und Schwerter.

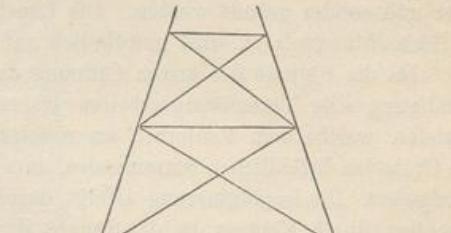
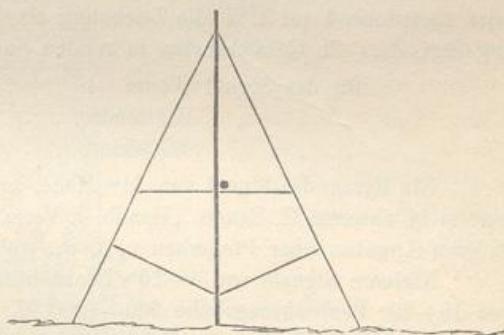


Fig. 3.
Kreuze und Quirle.



Das Beobachtungs-Gerüst.

Um den Pfeiler wird das Beobachtungs-Gerüst unabhängig so errichtet, dass dasselbe nirgends mit dem Pfeilerbau in Berührung kommt. Es besteht aus vier Ständern, welche nicht senkrecht, sondern nach oben zu mit einer Neigung von ungefähr 1:15 nach innen gestellt werden. Die Feststellung der Ständer erfolgt wie beim Pfeilerbau durch Kränze und Schwerter; doch können diese selten so regelmässig angebracht sein, sondern müssen den Verhältnissen angepasst werden, da die völlige Isolierung beider Bausysteme von einander streng gewahrt werden muss. In Höhen von 5—8^m werden Fussböden gelegt, zu denen man auf Leitern emporsteigt. Der oberste Fussboden bildet den Beobachtungsraum in quadratischer Form von 2,3—2,5^m Seite. Die Höhe des Beobachtungs-Punktes über dem obersten Fussboden beträgt 1,12—1,16^m. Zum Schutze wird ein Geländer aus starken Latten gezogen. Zwei Meter über dem Fussboden läuft um alle 4 Gerüstständer ein horizontaler Kranz von Latten zum Anbringen von Leinwandplanen, welche später beim Beobachten zum Schutze des Instruments gegen Sonne und Wind ausgespannt werden. Bei der ersten Anlage des Gerüstes muss schon darauf geachtet werden, dass vom Beobachtungspunkt aus gesehen keine der zu messenden Richtungen durch einen Ständer verdeckt wird. Jede dieser

letzteren muss mindestens 5^m daran vorbeistreichen. Auf die Ständer wird eine vierseitige Pyramide aufgesetzt, deren Spitze mit Brettern bekleidet und geschwärzt wird; die Spitze liegt in der Regel 4—5^m über der Beobachtungsplatte. Wird für einzelne Richtungen ein erhöhter Leuchtstand notwendig, so muss das Gerüst entsprechend höher und solider gebaut werden. Die Leuchtplatte, welche dieselbe Grösse hat wie die Beobachtungsplatte, wird gewöhnlich auf der Pyramiden spitze befestigt.

Da die Signale der ersten Ordnung auf eine längere Reihe von Jahren bis zur Beendigung aller Vermessungsarbeiten stehen bleiben müssen, so werden diejenigen Holzteile, welche dem Verderben am meisten ausgesetzt sind, d. h. die in oder nahe dem Erdboden befindlichen Stammenden, zum Schutze gegen Fäulnis und Insektenfrass *imprägniert*. Die Imprägnierung erfolgt durch Anstrich der betreffenden Holzteile und ausserdem durch Einguss in das Innere der Hölzer. Der dazu verwendete Stoff besteht aus Chlorzink, kaltem Wasser und Karbolsäure.

Zur besseren Erläuterung des bisher über den Bau erhöhter Signale Gesagten wird nachstehend auf S. 29 die Zeichnung eines solchen gegeben. Auch sei noch hinzugefügt, dass die Gesamtkosten in runden Summen betragen haben:

für das Signal Wöpse	1300	Mark
" " " Brüttendorf	1190	"
" " " Wittekind	1740	"

Ein Pyramiden-Signal von 31^m Höhe, auf Steuerndieb bei Hannover, haben wir bereits in unserem II. Bande, „Handb. d. Verm.“ 4. Aufl. 1893, S. 256 gegeben, nebst anderen Angaben über Pfeilerbau u. s. w., welche auch hier hergehörig sind.

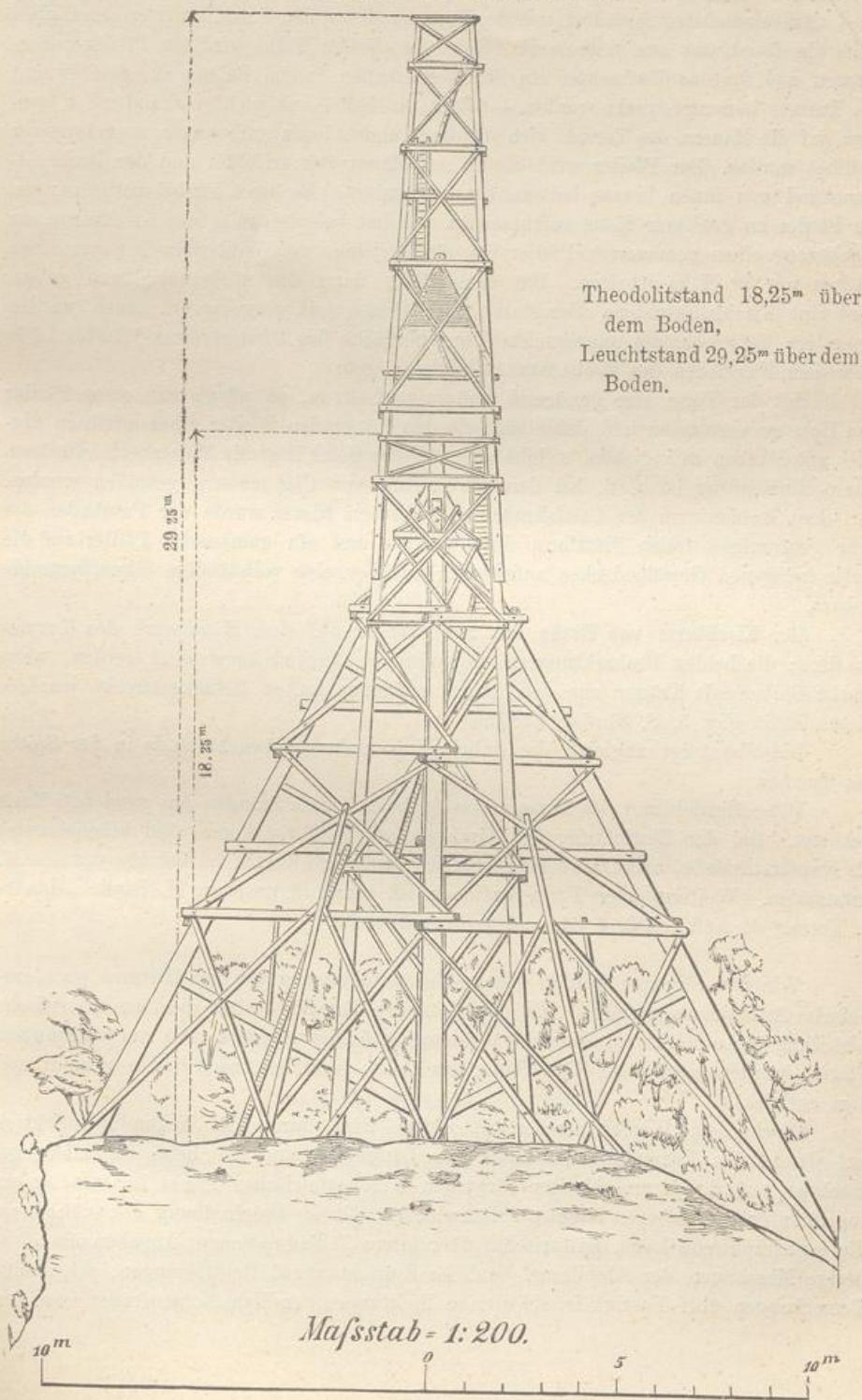
Kleinere Signale von 4—10^m Beobachtungshöhe kosten ungefähr 150—500 M., von 10—20^m Beobachtungshöhe 500—1000 M. Die Kosten können durch örtliche Verhältnisse, höhere Preise für Fuhrwerk und Arbeitskräfte, sowie namentlich durch etwaigen weiten Transport des Holzes sehr verschieden ausfallen. Was die erforderliche Bauzeit für ein höheres Signal anbetrifft, so kann man bis zu 20^m Beobachtungshöhe ungefähr 1 Tag für 1 Meter rechnen, für jedes Meter über diese Höhe hinaus 2 Tage.

Die Einrichtung von *Türmen* und ähnlichen Bauwerken zu Beobachtungszwecken bietet häufig besondere Schwierigkeiten. Es lassen sich für diese Arbeit keine allgemeinen Regeln geben, da dieselbe von der Bauart des Turmes abhängig ist. Als Grundbedingung ist festzuhalten, dass für das Instrument ein besonderer, möglichst fester und isolierter Stand, und für den Beobachter ausreichender und gesicherter Raum geschaffen werden muss. Dabei ist stets auf möglichste Schonung des Turmes Rücksicht zu nehmen und Vorkehrung zu treffen, dass durch die zu machenden Öffnungen nicht Regen und Schnee eindringen kann, damit eine Beschädigung des Turmes verhindert wird.

In dem nördlichen Teil der hannoverschen Kette und des Wesernetzes haben fast durchweg Kirchtürme und Leuchttürme zu Beobachtungs-Stationen eingerichtet werden müssen, und trotz der verschiedenen und mitunter recht mangelhaften Bauart der Türme ist es doch gelungen, die Einrichtungen so zu treffen, dass die Beobachtungen mit genügender Sicherheit gemacht werden konnten. Es trat hierbei nicht selten der Fall ein, dass, um den Horizont rundum zu beherrschen und alle Richtungen einzustellen zu können, sogar *zwei* Beobachtungsstände auf einem Turme gebaut werden

Fig. 4.

Signal Wittekind der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme,
gebaut 1885 von Trigonometer Otto.



mussten, wie z. B. bei den Kirchtürmen von Brake und Westerstede und bei dem Leuchtturm von Neuwerk.

Am einfachsten gestaltet sich der Bau, wenn um den Turm in der erforderlichen Höhe ein Rundgang aus Mauerwerk führt. In diesem Falle wird ein Pfeiler aufgemauert, und für den Beobachter ein Stand geschaffen, indem Balken aus dem Innern des Turmes herausgestreckt werden. — Wenn ein Rundgang nicht vorhanden ist, sondern auf die Mauern des Turmes sich das Dach ohne Absatz aufbaut, so muss letzteres geöffnet werden. Der Pfeiler wird wieder auf Mauerwerk errichtet und der Beobachtungsstand von innen heraus balkonartig konstruiert. Es kann hierbei nötig werden, die Pfeiler zu grösserer Höhe aufzumauern. So hat beispielsweise der Kirchturm von Wangeroog einen gemauerten Pfeiler von 4^m, derjenige von Wildeshausen sogar einen solchen von 5^m Höhe erhalten. Um dem Pfeiler dann den nötigen Halt zu geben, wird eine Eisenbahnschiene oder starke Eisenstange mit eingemauert; auch werden besondere Verstrebungen angebracht. Die Oberfläche des Pfeilers muss 1,10 bis 1,16^m über dem Fussboden des Beobachtungsstandes liegen.

Hat der Turm eine genügend geräumige Laterne, so pflegt man einen Pfeiler von Holz zu verwenden und denselben wie den hängenden Pfeiler eines erhöhten Signals mit Streben zu verschen, welche sich auf das tiefer liegende Mauerwerk aufsetzen. Diese Einrichtung ist z. B. bei dem Kirchturme von Cloppenburg getroffen worden. Auf dem Ruinenturm der Landskrone im südlichen Elsass wurde der Fussboden der sehr geräumigen freien Plattform durchbrochen und ein gemaueter Pfeiler auf die tiefer gelegenen Gewölbedecken aufgesetzt, darüber eine vollständige Signalpyramide gebaut.

Der Kirchturm von Brake hat zwei Pfeiler auf dem Mauerwerk des Turmes erhalten; die beiden Beobachtungsstände mussten hängend konstruiert werden, wozu starke Balken als Träger aus den höher gelegenen Luken herausgestreckt wurden, dieses ist in Fig. 5. S. 31 dargestellt.

Dieselbe zeigt zugleich die Anbringung mehrerer Leuchtstände in der Spitze des Turmes.

Diese Einrichtung des Turmes von Brake mit zwei Ständen hat rund 520 Mark gekostet. Bei der Einrichtung des Kirchturmes von Twistringen sind beispielsweise für Kupferschmiede- und Dachdecker-Arbeiten besondere Kosten im Betrage von 380 M. entstanden. Weiteres über Turm-Stationen ist schon in unserem II. Bande „Handb. d. Verm.“ 4. Aufl. 1893, § 84. und § 85. mitgeteilt.

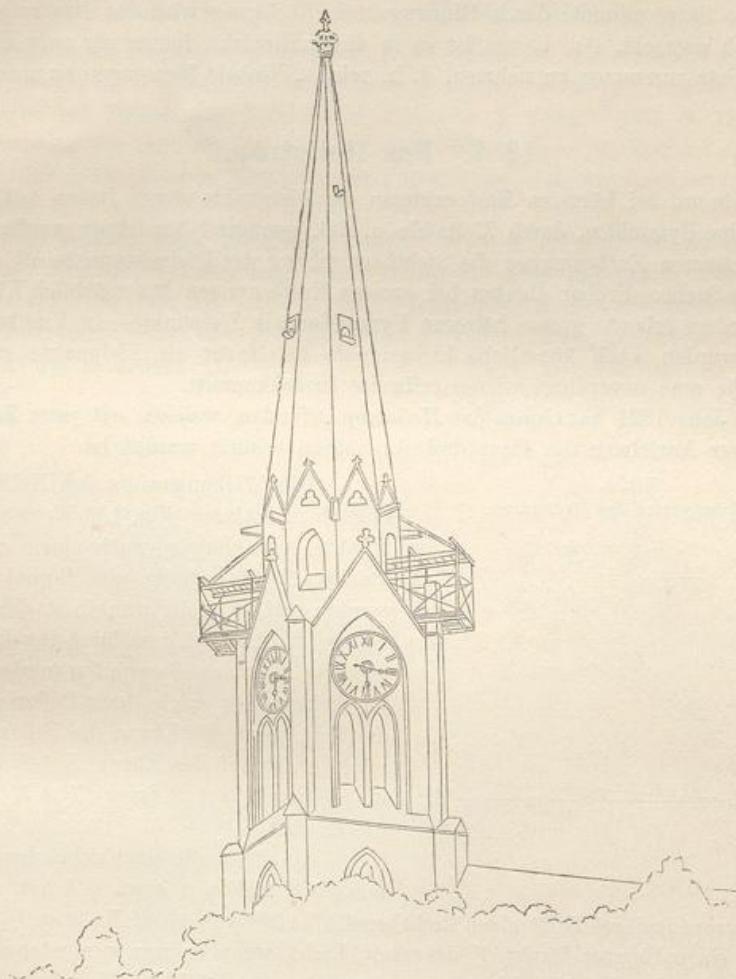
Von den Signalen werden genaue Zeichnungen und von den Türmen photographische Aufnahmen gemacht. Zu dem letzteren Zwecke besitzt die trigonometrische Abteilung einen leicht transportablen photographischen Apparat. Die aufgenommenen Platten werden, gegen die Einwirkung des Lichts geschützt, nach Berlin gesandt und dort entwickelt.

Nach dem Wiedereintreffen in Berlin wird durch die Erkundungs-Sektion auf Grund des Erkundungs-Berichtes des Dirigenten und der beim Signalbau gemachten Aufnahmen und Notizen für jeden trigonometrischen Punkt I. Ordnung ein sogenannter *Stammbogen* angelegt. Derselbe enthält die Beschreibung der Örtlichkeit, die topographische Lage, Historisches über ältere Triangulationen, Angaben über bisherige Messungen der Abteilung, bauliche Einrichtungen, Centrierungen, allgemeine Bemerkungen über Festigkeit, schwierige Richtungen, endlich Notizen über Quartier,

bezahlte Entschädigungen, Abmachungen wegen des Stehenbleibens bzw. des Abbruches der Signale und Beobachtungsstände etc. Der Stammbo gen ist sozusagen das curriculum vitae des Punktes. Jeder später folgende Beobachter hat für die nötige Ver vollständigung Sorge zu tragen.

Fig. 5.

Kirchturm von Brake
mit zwei Theodolitständen und mehreren hohen Leuchtständen.



Drehen der Beobachtungs-Pfeiler.

Bei hohen Türmen und Gerüsten beobachtet man die für Winkelmessungen missliche Erscheinung des *Drehens*, infolge ungleichförmiger Erwärmung durch die Sonne. Vollständig fest stehen auch steinerne Türme nicht, indessen wird das Drehen hauptsächlich bei hölzernen Gerüsten gefunden.

Eine eingehende Untersuchung dieser Sache mit vielen Beobachtungen bei der mecklenburgischen Triangulierung wurde von *Pascher* in den astronom. Nachrichten, 63. Band (1865) Nr. 1492—1493 mitgeteilt.

Es fanden sich bei einem 11 Meter hohen Pfeiler auf der Station Karbow, welcher äusserst haltbar aus vierkantig beschlagenen Balken konstruiert, und vom Standpunkt des Beobachters völlig unabhängig gestellt im Juli 1857 erbaut worden war, bei der Beobachtung im Juni 1858 starke Drehungen, die einen ziemlich regelmässigen Tagesverlauf zeigten, Morgens $-2'$, Mittags $0'$, Abends $+2'$. (Astr. Nachr. 1492, S. 56.)

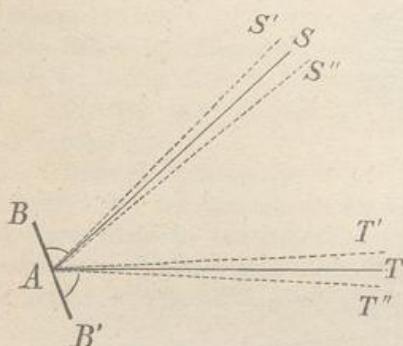
Das Drehen der Beobachtungs-Pfeiler wirkt offenbar am schlimmsten, wenn man lange Sätze nimmt; durch Hingang und Rückgang wird das Drehen zum Teil unschädlich gemacht. Am besten ist es in dieser Hinsicht, immer nur *zwei* Zielpunkte in einen Satz zusammen zu nehmen, d. h. reine „Winkel“-Messungen zu machen.

§ 4. Das Heliotrop.

Während bei kürzeren Entfernungen die Zielpunkte durch Baken mit Fahnen, durch kleine Pyramiden, durch Zieltafeln u. dgl. genügend bezeichnet werden können, ist bei grösseren Entfernungen die Sichtbarmachung der Dreieckspunkte oft eine sehr schwierige Sache. Früher dienten bei grossen Entfernungen hauptsächlich Kirchtürme und besonders erbaute grosse hölzerne Pyramiden als Zielpunkte. In Frankreich und England wurden auch künstliche Lichtsignale bei Nacht als Zielpunkte genommen (auf welche man neuerdings wieder teilweise zurückkommt).

Im Jahr 1821 hat *Gauss* das *Heliotrop* erfunden, welches seit jener Zeit hauptsächlich zur Anzielung von Hauptdreieckspunkten benutzt worden ist.

Fig. 1.
Wirkungsweise des Heliotrops.



der Heliotropenspiegel $B'B'$ einen Lichtkegel $T'A T''$ von ebenfalls etwa $1/2^\circ$ Öffnung aus, und ein entfernter Punkt T bekommt Licht, wenn er nur wenigstens innerhalb dieses Strahlenkegels fällt, ohne gerade von der Axe AT des Kegels getroffen zu werden.

Dieser Umstand ist für die Anwendung des Heliotrops in zweifacher Beziehung günstig; erstens ist infolge hievon bei der Einstellung des Instruments keine grosse Genauigkeit erforderlich, und zweitens kann *eine* Einstellung während der Dauer von nahezu 1 Minute beibehalten werden, obgleich sich während dieser Zeit die Sonne um einen merkbaren Bogen bewegt. (1 Zeitminute entspricht einer Sonnenbewegung von $15'$). Das fortgesetzte Einstellen des Heliotrops, entsprechend der Sonnenbewegung, kann zwar durch mechanische Mittel (Heliostat) erzielt werden, doch hat man bei

Die Wirkungsweise des Heliotrops ist einfach zu erklären (Fig. 1.). Wenn von einem Punkte A (Heliotrop) nach einem entfernten Punkte T (Theodolit) ein Signal gegeben werden soll, so stellt man in A einen ebenen Spiegel $B'B'$ so auf, dass durch ihn die Sonnenstrahlen SA nach T geworfen werden. Dieses ist bekanntlich nach dem Reflexionsgesetze der Fall, wenn die Ebene des Spiegels rechtwinklig ist an der Ebene SAT und wenn die Winkel SAB und $TA'B'$ einander gleich sind.

Da die Sonne einen scheinbaren Durchmesser $S'AS''$ von etwa $1/2^\circ$ hat, so sendet